

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

620.5
GRASSELLY GYULA

A GEOKÉMIAI
KUTATÁSOK HELYZETE
ÉS LEHETŐSÉGEI



12

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

ÉRTEKEZÉSEK
EMLÉKEZÉSEK

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

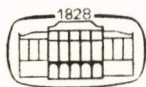
SZERKESZTI
TOLNAI MÁRTON

GRASSELLY GYULA

A GEOKÉMIAI
KUTATÁSOK HELYZETE
ÉS LEHETŐSÉGEI

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓ

1983. MÁRCIUS 14.



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

A kiadványsorozatban a Magyar Tudományos Akadémia 1982. évi CXLII. Közgyűlése időpontjától megválasztott rendes és levelező tagok székfoglalói — önálló kötetben — látnak napvilágot.

A sorozat indításáról az Akadémia főtitkárának 22/1/1982. számú állásfoglalása rendelkezett.

ISBN 963 05 3673 0

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1984, Graselly Gyula

Printed in Hungary

Amikor mintegy 150 éve először tűnt fel a geokémia fogalma, még nemigen láthatták előre, hogy ez az akkor még éppen csak születőfélben levő tudományágazat milyen pályát fog befutni, s főleg azt nem láthatták előre, hogy fejlődése során a geokémia a tudományos megismerés szolgálata mellett milyen mértékben fog tért hódítani gyakorlati kérdések megoldásában, elsősorban az ásványi nyersanyagkutatásban.

A mából visszatekintve s mérlegelve a geokémia fejlődését, csak azt a fejlődést, amit az utolsó évtizedek során megtett, kölcsönhatásban a rokon tudományágazatokkal, mondhatjuk, hogy a földtani tudományok legdinamikusabban fejlődő ágazata lett, s a tudományos megismerés szintjének növelésén át messzemenően szolgálja a gyakorlati kérdések megoldását is.

Előadásomban szeretném bemutatni a geokémiai kutatások törekvéseit, fontosabb területeit, áttekintő képet adva a geokémia és más tudományágak kapcsolatairól, a geokémiának az alapkutatásokban és a gyakorlati kérdések megoldására irányuló kutatásokban elfoglalt helyéről és lehetséges szerepéről.

Hiszem, hogy egy ilyen áttekintés, a geokémia lehetőségeinek és törekvéseinek jobb meg-

ismerése, erősítheti a különböző, rokon tudományágazatok szakemberei közötti együttműködést.

Térjünk most már rá először a földtani kutatások előtt álló feladatok általános jellemzésére, hogy majd a kört szűkítve, a földtani tudományok háttérébe illesztve beszélhessünk a geokémiai kutatásokról.

A FÖLDTANI KUTATÁSOK FELADATA AZ ÁSVÁNYI NYERSANYAGKINCSEK FELTÁRÁSÁBAN

A világ iparának növekvő igénye az energia-hordozók, valamint az ásványi nyersanyagok iránt — és ezzel párhuzamosan az ismert készletek csökkenése — egyrészt a meglevő, már ismert ásványi nyersanyagkészletek felértékelődését eredményezte, másrészt új és növekvő követelményeket is támasztott a természeti erőforrások kutatásában és hasznosításában érdekelt, illetve felelős tudományágakkal, valamint az azokat reprezentáló intézményekkel, kutatóhelyekkel szemben.

A földtani kutatásoknak a legkülönbözőbb területeken, illetve kérdéskörökben választ kell adniuk az egyes tudományágazatok belső fejlődéséből adódó kérdésekre, növelvén ezzel a tudományos megismerés szintjét, fokozván annak mélységét. Ez a célkitűzés mindenképp csak egy körültekintő, hosszabb távra kidolgozott kutatási koncepción nyugodhat, s ütemes megvalósításához elengedhetetlen a rokon tudományágazatok szakembereinek koordinált együttműködése. Ezek azok az alapkutatások, amelyeknek előtte kell járniuk a gyakorlati feladatok közvetlen megvalósításának. A tudományos igénnyel, megbízhatósággal és tudományos koncepció alapján elvégzett alapkutatások azok, amelyekre a gyakorlati kérdések megválaszolását célzó alkalmazott kutatások

biztonságosan alapozhatók. Ezek azok az alapkutatások — amelyeket az elmúlt időkben változó szemlélettel lehetett így vagy amúgy értékelni — de amelyek eredményes elvégzése nélkül már esetleg a közeljövőben hátráltatott lehet egyes gyakorlati kérdések kedvező megoldása.

A földtani kutatások másik alapvető célkitűzése: a magas színvonalon álló tudományos megismerés alapján állva ki kell elégítenie a gyakorlat oldaláról felmerülő igényeket, új ásványi nyersanyagforrások feltárásával segítenie kell megoldani a fejlődő ipar nyersanyagellátási problémáit, s korszerű módszerekkel végzett anyagvizsgálatokkal segítenie kell a közvetlen hasznosítást is.

Az ásványi nyersanyagkutatásban és -hasznosításban érdekelt és főleg az eredményekért felelős ágazatok között, így a földtani kutatás, a bányászat és a feldolgozó ipar között magától értetődő összhangnak kell fennállnia. Az egyes fázisok fejlesztése közötti helyes és szükséges arányok torzulása, valamelyik fázis túlhangsúlyozása vagy éppen aláértékelése ronthatja a közös cél elérésének, ásványi nyersanyagkincseink további feltárásának és hasznosításának lehetőségeit is.

A földtani kutatás azonban hiába növeli az ismert készleteket új nyersanyag-lelőhelyeket feltárva, a bányászat hiába hozza a nyersanyagot a felszínre, ha a feldolgozó iparágak nem

tudnak azokból bel-, ill. külföldön eladható árut előállítani.

Ami a gazdaságosság megítélését illeti, számos rajtunk kívül álló világ gazdasági, politikai tényező olykor előre nem láthatóan és viszonylag rövid idő alatt lényeges változást idézhet elő, amelynek következtében egy-egy ásványi nyersanyag hasznosításával kapcsolatosan kialakított kép esetleg rövid időn belül lényeges módosításra, átértékelésre szorul, s ehhez gyors, rugalmas alkalmazkodásnak kell csatlakoznia. Úgy hiszem, hogy ehhez a gyors alkalmazkodáshoz elengedhetetlen az alapkutatások kellő színvonala, célirányos volta, fejlettsége, mert éppen az alapkutatás révén szerzett ismeretek tehetik lehetővé a gyors módosítást.

A földtani kutatás — gyakorlati célkitűzését nézve — nem holt tőkét akar produkálni, hanem hasznosítható ásványi nyersanyagokat kíván a népgazdaság számára biztosítani. S hogy ennek a feladatának jó hatásfokkal megfelelt, azt az elmúlt tervidőszak földtani kutatási eredményei is igazolták, azonban, hogy egy ország ásványi nyersanyagkincseiből mi hasznosítható, illetve mi hasznosul valójában, az nem egyedül és főleg nem elsősorban a földtani kutatáson múlik, ennek meghatározásában egyéb külső és belső tényezők között az ország műszaki—technikai—gazdasági felkészültsége is lényeges szerepet játszik.

A földtani kutatás önmagában is komplex rendszert képez, s mind tudományos, mind gyakorlati célkitűzései megvalósításában, az eredményes előrehaladásban, a földtan minden résztudományának, köztük a geokémiának, megvan a maga fontos szerepe és helye.

E bevezető után szűkítsük le szemlélődésünk körét, s vizsgáljuk meg a geokémia mai feladatait, interdiszciplináris jellegét s ezzel a földtannal, ill. más természettudományokkal való kapcsolatát.

A GEOKÉMIAI KUTATÁSOK CÉLJA, A GEOKÉMIA INTERDISZCIPLINÁRIS JELLEGE

A geokémia alapfeladatát már jó 50 évvel ezelőtt V. M. Goldschmidt megfogalmazta, így a cél:

- meghatározni a Földnek és egyes zónáinak kémiai és ásványi összetételét;

- meghatározni a különböző természetes képződményekben az elemek eloszlását;

- feltárni az olvadéokban, vizes oldatokban vagy szilárd fázisban lejátszódó elem-migrációt meghatározó tényezőket, s e révén feltárni az elemeloszlásban megnyilvánuló törvényszerűségeket.

Ez a megfogalmazás alapjaiban véve ma is érvényes, azzal a nem lényegtelen eltéréssel, hogy ma, kölcsönhatásban a társtudományok fejlődésével, a geokémiai kutatásba bevezetett műszeres vizsgálati lehetőségek növekedésével mélyebben fekvő, rejtettebb összefüggéseket is képesek vagyunk feltárni, olyan finom részleteket tudunk megragadni, mint amilyenre a geokémia korábbi fejlődési szakaszában az akkori idők legjobbjainak sem volt lehetősége, megfelelő műszerek hiányában. Más kérdés, hogy megállunk-e, vagy meg kell-e állnunk a finom részlet egyszerű leírásánál, vagy tovább tudunk-e lépni, a folyamat kvantitatív értelmezését is adva. Erről néhány gondolatot majd később.

Az alapfeladatokkal kapcsolatosan a másik jellemző a geokémiai kutatások fokozódó mértékű alkalmazása gyakorlati célokra. A szovjet geokémiai iskola már a 30-as évek elejétől alkalmazta a geokémia által feltárt összefüggéseket — és nem kevés eredménnyel — ásványi nyersanyagtelepek felkutatására; új vonás az, hogy a II. világháború után a geokémiai módszerekkel történő nyersanyagkutatás rohamos léptekkel hódított teret a fejlett tőkés országokban is, mint pl. az Egyesült Államokban és Kanadában, és jelentős szerepet kapott az Egyesült Nemzetek Szervezetének a fejlődő országok segítésére kidolgozott programjában (UNDP) is.

A geokémia alapfeladatainak megfogalmazása tehát jó 50 éves, de időtálló s alapjában véve iránymutató ma, a modern műszerek segítségével végzett geokémiai kutatások számára is.

Térjünk rá a geokémiai kutatások jellegének, interdiszciplináris vonásainak felvázolására.

A geokémiának a földtan különböző ágazataival való szoros kapcsolata, akár ásványtanról, vagy kőzettanról, vagy a szűkebb értelemben vett földtanról legyen is szó, szükségszerű és magától értetődő. Végezzünk bár laboratóriumi modellkísérleteket valamely, a természetben végbemenő folyamat szimulálására, a folyamatot meghatározó tényezők hatásának, befolyásának tanulmányozására, vagy vizsgál-

juk valamilyen képződményben a nyomelemek eloszlását genetikai kérdések tisztázására, helyes választ csak a geológiai háttérbe beillesztett, az ásványtani és a kőzettani sajátságokat is figyelembe vevő geokémiai kutatások adhatnak.

A geokémia és az egyéb földtani tudományágazatok kapcsolatát kitűnően érzékelteti a geológiai kutatások legnagyobb nemzetközi seregszemléjét jelentő nemzetközi geológiai kongresszusok különböző szekcióiban elhangzó előadások tematikája is. A kifejezetten geokémiai tárgyú szekció előadásain kívül a legkülönbözőbb témakörű szekciókban is, mint pl. a távérzékelés, a petrológia, az energiahordozók, a hidrogeológia, az ásványelőkészítés, ott találjuk a kérdéskört geokémiai oldalról közelítő előadásokat, tanulmányokat.

A geokémia földtani tudományágazat, azonban úgy érzem, jogos az a feltevés, hogy a geokémia által felismert összefüggések, megállapítások alkalmazása, még inkább a geokémiai kutatásokkal foglalkozókkal való együttműködés kialakítása, hasznos lenne minden olyan, bár nem kifejezetten földtani kutatási irányzatban is, amelyek keretében a primér ásványi nyersanyagokkal, azok átalakításával, megváltoztatásával, hasznosításával foglalkoznak, mint amilyen területek, hogy csak éppen néhányat említsek, az ásványelőkészítés, a kohászat, a környezetvédelem, a talajtan, a hidrologia stb. Ezeken a területeken bőséges

lehetőség van a geokémia eredményeinek gyakorlati alkalmazására. Meggyőződésem, hogy a természeti erőforrások vizsgálatával foglalkozó országos kutatási főirány megvalósítása jótékony hatást gyakorol a már meglevő ilyen jellegű kapcsolatok fejlesztésére vagy új kapcsolatok szükségszerű megteremtésére.

A geokémia nemcsak a földtan különböző ágazataival volt és van a legszorosabb kapcsolatban, de fejlődésére nagy hatással voltak az egyéb természettudományok eredményei, különösen szoros és szükségszerű a kapcsolata a kémiával. Eltekintve a geokémia és a kémia kapcsolata, ill. kölcsönhatása alakulásának felvázolásától, csupán annak megállapítására szorítkozzunk, hogy a geokémia vizsgálati módszereit a kémiától vette át, de ugyanakkor a geokémiai kutatások során felmerülő igény nem egy területen ösztönző volt a kémiai kutatásokra is. A geokémiai kutatómunka munkamódszerében sem különbözik a kémiaiától, csak más a vizsgálat tárgya, más a probléma megfogalmazása, de a természetes folyamatok lejátszódását, a keletkezett fázisok mibenlétét is a fizikai kémia által feltárt törvények határozzák meg. Más kérdés, hogy a természetben számos esetben nincsen mód közvetlen mérések végzésére, vagy nem állnak rendelkezésre — főleg nagyobb mélységekre vonatkozóan — megfelelő megbízhatóságú adatok.

Természetesen felvethető most a kérdés,

hogy ha a módszereket a kémiától vettük át, a folyamatokat a fizikai kémia által leírt törvények határozzák meg, úgy mitől lesz a kémia geokémiává? Ha meghatározzuk valamely anyagnak az összetételét a műszeres analitika bármelyik módszerével, úgy képet adhatunk a legcsekélyebb koncentrációban jelenlevő összetevőkről is, ez még kémia, azonban a geokémiának arra is választ kell adnia, hogy a különböző nyomelemek hogyan oszlanak meg a különböző ásványi fázisok között, hogy az észlelt elemeloszlás milyen környezetben, milyen tényezők hatására alakult ki, vagyis nemcsak a pillanatnyi helyzetet kívánja rögzíteni, hanem a folyamat egészét változásában kívánja feltárni és értelmezni. A geokémiai vizsgálatok soha nem szakíthatók el a valóságtól, a természetes környezettől. Az eredményekkel szükségszerűen vissza-vissza kell térnünk a természetes környezethez, a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit, az azok alapján kialakított elgondolásunkat egybevetve a valósággal, hogy meggyőződhesünk hipotézisünk elfogadható voltáról vagy elvetésének szükségességéről.

Nemecz akadémikus „A műszerek teljesítménye és a földtani tudomány haladása” című, 1980-ban tartott akadémiai székfoglalójában rámutatott arra, hogy a földtudomány egyidejűleg történeti és természettudomány. Úgy vélem, hogy ez maradéktalanul érvényes a geokémiára is, amire az eddig mondtak,

gondolom, már kellően rávilágítottak. A továbbiakban az említett előadásban a következőket hallhattuk: „. . . a geológia . . . kutatói körében általános hit, hogy jelenségeinek leírására a determinisztikus fizika és kémia törvényei megbízhatóan használhatók. Ebben a szellemben az utóbbi évtizedben erős törekvés nyilvánult meg a földtani megismerés egzaktságának fokozására, a problémák lehető kvantitatív kezelésére. Mégis, e törekvések ellenére közismert a földtani ismeretek nagyfokú bizonytalansága.”

Úgy érzem, hogy ezt a gondolatmenetet, most már a geokémiára szűkítve, érdemes kissé tovább bonyolítani. Ehhez két megállapítást elevenítsünk fel: egyrészt azt, hogy a földtan, s ezen belül a geokémia történeti tudomány is, a geokémia a történet teljes folyamatát kívánja értelmezni, s így szemléletében az idő egyike a fundamentális paramétereknek, másrészt azt, hogy a természetes folyamatok lejátszódását, a folyamatok irányát, a keletkezett fázisok minőségét a fizikai kémia által feltárt törvények határozzák meg.

Lasaga és Kirkpatrick szerkesztésében 1981-ben megjelent „Kinetics of Geochemical Processes” című gyűjteményes munka áttekintő képet ad a termodinamika és a reakciókinetika alkalmazásáról geokémiai problémák megoldásában. Az egyensúlyi termodinamika a földtani folyamatok értelmezésében rendkívül hasznos eszköznek bizonyult, alkalmazá-

sa a földtudományokban igen gyorsan növekedett, és igen valószínű, hogy a jövőben még sok további termodinamikai tanulmányra lesz szükség.

Azonban a természetben végbemenő folyamatok gyakran rendkívül lassúak, vontatottak, s az adott rendszer nem jut egyensúlyi állapotba, amire természetbeli megfigyelések, valamint kísérleti eredmények egyaránt számos példát szolgáltatnak. Továbbá, a különböző közetek bonyolult, sokalkotós rendszerben lejátszódó folyamatsorozat végtermékeinek tekinthetők. E végtermék vizsgálatára ma a legkorszerűbb módszerek állnak rendelkezésre, azonban a közet sajátságainak akármi-lyen finom részletekbe menő vizsgálata és jellemzése mellett valójában azokra a nem egyensúlyi folyamatokra, közbülső, átmeneti fázisokra, szakaszokra vagyunk kíváncsiak, amelyeken keresztül vezetett az olvadék kristályosodása, s amely folyamatok végeredménye maga a közet.

A termodinamikának geokémiai kérdések megoldására történő alkalmazása — legalábbis nemzetközi, de nem annyira hazai viszonylatban — az elmúlt két évtizedben gyorsan tért hódított. A klasszikus termodinamika viszont az egyensúlyban levő rendszerekre szorítkozik. A geokémiai folyamatok leírásában az idő alapvető szerepet játszik, így a folyamatok teljességének megértése kinetikus leírást kíván meg. Azonban — bár az utóbbi tíz évben ezen

a téren nemzetközi viszonylatban intenzív fejlődés észlelhető — a kinetika alkalmazása geokémiai folyamatok kvantitatív értelmezésére még nemzetközi szinten is kezdeti stádiumban van. Fisher és Lasaga az „Irreversible thermodynamics in petrology” című tanulmányukban e kérdés megoldásának legjobb közelítését az irreverzibilis termodinamikában látják, s rámutatnak arra, hogy míg az egyensúlyi termodinamika a *geológiai rendszerre* vonatkozó fontos kérdések felvetéséhez vezethet el bennünket, addig az irreverzibilis termodinamika a *geológiai folyamatok* megvizsgálásánál fontos új utak megfogalmazásához segíthet hozzá.

Úgy hiszem, hogy mindebből kitűnik, hogy a geokémia további haladása nagyon is kívánja és szükségszerűvé teszi a kémiával való kapcsolat erősítését, annál is inkább, mert úgy érzem, hogy hazai viszonylatban a nemzetközi gyakorlathoz képest bizonyos lemaradás észlelhető a kémikusokkal közös interdiszciplináris kutatásokban, illetve a geokémiai kutatások eredményeinek interpretálása során a fizikai kémia alkalmazásában, márpedig e nélkül a Nemecz akadémikus említette bizonytalanságot nehezen tudjuk kiküszöbölni.

Kérdés, mit lehet tenni a megfelelő előrehaladás érdekében. Elő kell mozdítani a különböző tudományágazatok művelői közötti, munkamegosztáson alapuló együttműködést, továbbá az egyetemeken a geológusképzésben

erősíteni volna célszerű a geokémiai oktatást, s nem utolsósorban a geokémiai jellegű munkát végző kutatóhelyeken rendelkezésre álló szellemi kapacitás összefogásával a most meginduló szervezett tudományos továbbképzés nyújtotta lehetőségeket is fel kell használni a korszerű tudással felvértezett tudományos utánpótlás biztosítására. Meggyőződésem, hogy mindez együttesen hozzájárulhat ahhoz, hogy egyrészt a geokémiai kutatások eredményeinek interpretálása egyre inkább kvantitatív jellegűvé váljék, másrészt, hogy a geokémia sokoldalú és széles körű gyakorlati alkalmazása elvi lehetőségből nálunk is egyre inkább általános gyakorlati tényné váljék.

Ennyit a geokémiai kutatások általános jellemzéséről, interdiszciplináris jellegéről. A következőkben röviden tekintsük át a geokémiai kutatások legnagyobb témaköreit, amelyek jelenleg nemzetközi szinten az érdeklődés középpontjában állanak.

A NEMZETKÖZI GEOKÉMIAI KUTATÁSOK NÉHÁNY FONTOSABB TERÜLETE

A rendszeres geokémiai kutatásoknak egyik legjelentősebb területe a kéreg–köpeny kölcsönhatás tanulmányozása, elsősorban izotóp geokémiai kutatásokra alapozva. Mindezek a kutatások szoros kapcsolatban vannak a globális lemeztektónikával. A kontinentális kéreg képződésének vizsgálata során számos kutatócsoport igazolta a kéreg–köpeny kölcsönhatás tényét. Az e kérdésekkel foglalkozó kutatók között teljes az egyetértés e kérdéskör fontosságában, amit mi sem mutat jobban, mint hogy a nagy nemzetközi kutatási programok, mint volt a Felső-köpeny Program, az azt követő Geodinamikai Program, vagy a másfél éve az IUGS–IUGG–ICSU együttműködésével megindított Nemzetközi Litoszféra Program, keretében ezek a kérdések jelentették, ill. jelentik a központi kérdést. Az viszont, hogy egymást követő nemzetközi programokban is változatlanul e kérdés megoldásának igénye szerepel a középpontban, azt is érzékelteti, hogy míg a fontosságát illetően egységes az álláspont, az eredmények interpretációját illetően a vélemények erősen megoszlanak, konszenzusról távolról sem lehet beszélni, holott a felvetődő kérdések megoldásának nemcsak a tudományos jelentősége rendkívüli, de jelentős kihatása lenne számos, a nyers-

anyagkutatással kapcsolatos gyakorlati probléma megoldására is.

A kéreg fejlődéstörténetének vizsgálata szempontjából kulcsfontosságú a Pb, Sr, Nd izotóparányok vizsgálata. Igaz, hogy ebből még nem lehet közvetlenül meggyőző és végérvényes választ kapni arra, hogy egy-egy kőzet kéreg- vagy köpenyeredetű-e, de mindenesetre lehetőséget nyit e kérdés közelítéséhez.

Figyelembe véve a magyar geofizikusok, geodéták, geológusok, geokémikusok eredményes részvételét az 1980-ban lezárult Nemzetközi Geodinamikai Kutatási Programban, úgy hiszem, hogy megtalálhatjuk a helyünket az új Nemzetközi Litoszféra Programban is.

A geokémiai kutatások másik nagy témakörét nemzetközi viszonylatban az elemvándorlás tanulmányozása képezi. E kérdéskör egyik oldalát a kőzetek elváltozásának a vizsgálata, a másik oldalát az elemek migrációjának és dúsulásának a tanulmányozása jelenti a mállás környezetében és folyamatai során. Ez a kérdéskör a legszorosabb kapcsolatban áll az ásványi nyersanyagok prospekciójával. Ebben a tevékenységben a geokémiai nyersanyagkutatási módszerek tagadhatatlanul számos előnyt jelentenek, elsősorban azzal, hogy a geokémia által feltárt, az elemek vándorlását, illetve az egyes fázisok kiválását befolyásoló tényezők és az összefüggések ismeretében a geokémia jelezni tudja, hogy egy adott terüle-

ten, vagy közegben egyáltalában elvileg várható-e valamely elem dúsulása, vagy sem. Másrészt a kutatásra érdemesnek tűnő nagy területet, viszonylag olcsón kivitelezhető módszereivel redukálni tudja, hogy ezen a szűkebb területen belül, már nagyobb költséget jelentő, de nagyobb célzási pontosságú módszerek kerülhessenek bevetésre. A geokémiai érc kutatás lényegét a geokémia által feltárt alapvető összefüggések ismerete, azoknak a gyakorlatban az adott geológiai háttérbe beillesztett alkalmazása, vagyis a geokémiai anomália értelmezése és az ércesedéssel való kapcsolatának a feltárása jelenti.

Ha ezen a területen nem is tudtunk lépést tartani azzal a fejlődéssel, amelynek a Szovjetunióban, az Egyesült Államokban, Kanadában vagy Franciaországban tanúi lehettünk, azért a kezdeti lépéseknél már lényegesen többet tettünk meg itthon is. 1967-ben megjelent Kliburszkyné Vogl M. akadémikus „A ritkaelem-dúsulások felismerésének alapelvei”, ill. 1975-ben „A területi geokémiai kutatás elméleti és gyakorlati módszerei” című munkája, amelyek a gyakorlati kutatáshoz adtak alapokat. A geokémiai módszerek alkalmazásában is nem kevés gyakorlati előrelépés történt, részben a Magyar Állami Földtani Intézet, részben a különböző iparágak részéről, mint az OÉÁ, a MÉV, a MAT, nem említve az alapkutatási tevékenységet folytató kutatóhelyeket. Úgy hiszem, hogy valamivel több

erőfeszítéssel, koordinációval és együttműködéssel lényegesen előbbre tudnánk lépni ezen az elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt fontos területen is, szem előtt tartva, hogy az elemek vándorlását és eloszlását meghatározó, sokszorosán összetett jelenségeket csak a terepen végzett közvetlen vizsgálatok, a laboratóriumi eredmények és az elméleti megfontolások egybekapcsolásával lehet helyesen értelmezni.

A harmadik nagy kutatási területet végül a geokémiai indikátorok kutatása jelenti. Ilyen terület pl. a különböző nyomelemek eloszlásának vizsgálata a metamorfózis tanulmányozásában, vagy a szénhidrogén kutatásban a biológiai marker vegyületek tanulmányozása, amelyek az elpusztult élő szervezetből az üledék szerves anyagába bekerülve a hőtörténeti fejlődés során átmennek ugyan kisebb-nagyobb változáson, de eredeti szénvázukat lényegében megőrzik. Ezeknek a markereknek a kutatása, különösen a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotóparányok vizsgálatával egybekapcsolva, számos olyan kérdésre adhat választ, amelyek tudományos elméleti jelentőségükön kívül a szénhidrogén-kutatás, a szénhidrogén-prognózis számára közvetlen és felbecsülhetetlen segítséget adhatnak.

A HAZAI GEOKÉMIAI KUTATÁSOK NÉHÁNY FONTOSABB TERÜLETE ÉS EREDMÉNYEI

A hazai geokémiai kutatásokkal kapcsolatosan előre kell bocsátani, hogy a geokémia térhódítása Magyarországon viszonylag későn indult meg. A rendszeres geokémiai kutatások megindítása, e tudományágazat hazai megteremtése Szádeczky-Kardoss Elemér akadémikus munkásságának köszönhető, aki az általa létrehozott, s ma a hazai geokémiai kutatások fontos bázisát jelentő, az alapkutatási tevékenységet és a gyakorlati célokat szolgáló kutatásokat jól összehangoló Geokémiai Kutató Laboratórium élén megvetette a mai hazai geokémiai kutatások alapjait. Mindazok, akik ma itthon a geokémia valamelyik területén dolgoznak, az indíttatást — az idősebbek közvetlenül, a fiatalabbak közvetetten — neki köszönhetik.

Az elméleti geokémiai kutatások mellett csakhamar megindult a geokémia gyakorlati alkalmazása is, ami tükrözte a tudomány és a gyakorlat kölcsönhatását, s a gyakorlatban felmerülő problémák tudományos igényességű megoldásának szükségessége termékenyítően hatott a geokémiai alapkutatásokra is. Az előrehaladásban lényeges szerepe volt azoknak az igényeknek, amelyek a különböző iparágak részéről felmerültek.

A szerves geokémiai kutatások még később

indultak meg, s kibontakozásuk, valamint a 60-as évektől megtett fejlődésük a tudomány és a gyakorlat összekapcsolódásának nemcsak a szükségességét, de mindkét oldalra nézve kedvező voltát is igazolta.

A hazai szerves geokémiai kutatásoknak, mint hazai viszonylatban új kutatási irányzatnak a kifejlesztését a gyakorlatban felmerülő igények kívánták meg, s az Országos Kőolaj- és Gázipari Trösztnek a közvetlen holnapnál messzebbre tekintő vezetői indították meg, biztatást és megbízást adva több kutatóhelynek az ilyen jellegű kutatások megkezdésére, illetve az azokba való bekapcsolódásra.

A továbbiakban néhány kiragadott területen tekintsük át a hazai geokémiai kutatások főbb eredményeit.

Bauxitkutatások

A korszerű műszerek bevezetése a geokémiai kutatásokba, többek között a bauxitkutatásokba is, rendkívül lényeges előrelépést jelentett. Így az elektron-mikroszonda üzembehelyezése tette lehetővé azoknak az eredményeknek a megszületését, amelyek méltán keltettek általános nemzetközi elismerést. A kezdeti ilyen irányú kutatások lényeges eredménye volt maga a módszer kidolgozása, s ezen túlmenően a bauxit szövettípusok meghatározása és a bauxit fő elemeinek vizsgálata

a különböző szöveti elemekben. A további, s mondhatni még jelentősebb eredmény, a bauxitok ritkaföldfém-tartalmának vizsgálata ezen alapult. A ritkaföldfém-ásványok vizsgálata is példázza, hogyan kapcsolódik a kutatásban a tudományos megismerés mélységét növelni szándékozó alapkutatás a közvetlenül gyakorlati igényeket is szem előtt tartó és szolgáló kutatásokkal. Az a tény, hogy a hazai bauxit előfordulásokban talált ritkaföldfém-ásványok a granitoid kőzetekben is előfordulnak, azt jelenti, hogy a ritkaföldfém-ásványok részletes kutatásával megközelíthetők a bauxitkutatásban alapvető genetikai, származási kérdések. Azonban, minthogy a bauxit feldolgozásakor a ritkaföldfémek a vörösiszapban dúsulnak, így a ritkaföldfémek megjelenési formájának, eloszlási módjának ismerete a technológia szempontjából is döntő fontosságú.

Mangánkutatás

A mangán geokémiájára részletesebben nem térek ki, miután előző székfoglalómat teljes egészében a mangán geokémiájában érvényesülő törekvések és eredmények bemutatására fordítottam. Csupán annyit említek meg, hogy a mangánkutatás nemzetközi szinten semmit nem veszített intenzitásából, s e kérdések iránti általános érdeklődést mi sem

érzékelteni jobban, mint az, hogy csak 1980–1981 folyamán három nagyobb volumenű, jelentősebb könyv is megjelent a nagyszámú cikkeken kívül.

A hazai kutatás nemzetközi téren is szerepet játszott, mivel két nemzetközi kutatási program, illetve bizottság is magyar alapítású volt, s hosszú évekig magyar vezetés alatt is állott. Ezek a nemzetközi bizottságok ma is eredményes munkát végeznek, amelynek egyik kézzelfogható eredménye a széles nemzetközi összefogással létrejött három kötetes Mn-monográfia is.

A Bakony mangántelepeinek geológiájáról, teleptani viszonyairól a geológiai kutatások, nemkülönben a mélyszinti bányaművelés előrehaladásával egyre többet tudtunk meg, azonban lemaradtunk az úrkuti és az eplényi telep részletes geokémiai vizsgálatával. Ezt a lemaradást most pótoljuk egy, a kérdés iránt érdeklődő, különböző kutatóhelyeken dolgozó szakemberekből álló munkaközösséggel. Ugyancsak még a múlt évben kezdtük meg a részben primér, részben a karbonátos érc oxidációja révén képződött oxidos ércbe ágyazott mangángumók vizsgálatát, amely kutatással eredményesen bekapcsolódhatunk a jelenleg is folyamatban levő, de 1985-től új és elsősorban a fosszilis mangángumók kutatására irányuló nemzetközi együttműködésbe.

Azt hiszem, hogy a hazai mangántelepeink ilyen irányú vizsgálata akkor sem hiábavaló,

ha pillanatnyilag gyakorlati oldalról nincsen túl nagy érdeklődés a hazai mangánérc iránt. Ha egyszer ez az érdeklődés mégis feltámadna, nem fog ártani, ha a gyakorlat számára a karbonátos és oxidos érceknek részletes geokémiai jellemzését kézbe adhatjuk.

Az előbb említett monográfiában megjelent egyik tanulmány áttekintést adott az egyéb hazai, gyakorlati érték nélküli mangánindikációról is. A jövőben valóban érdemes lenne gondot fordítani egyrészt az Egerdemjén környéki oligocén mangánindikációk geokémiájára, összehasonlítva a világviszonylatban igen jelentős, gazdasági fontosságú oligocén telepek geokémiai sajátásaival, mert eddig csak a teleptani viszonyok vizsgálata történt meg, másrészt az Uppony-hegység alsó karbon vasas-mangános palái is megérdemelnék a geokémiai vizsgálatot.

Mindezen munkák elvégzésére a személyi és a tárgyi feltételek adottak.

A GEOKÉMIA SZEREPE A PETROLÓGIAI KUTATÁSOKBAN

Ösztönző hatással volt a magmás kőzetek geokémiai vizsgálatára az a tény, hogy ezek a kutatások jelentős szerepet játszanak a paleo-tektonikus rekonstrukcióban. A legfontosabb eredményeket az eocén-miocén mész-alkáli magmatizmus kutatásában értük el, de jelentősek a különböző paleozóos és mezozóos magmás összletek geokémiai kutatása során nyert ismeretek is. A fő- és nyomelemek koncentrációjából, valamint a különböző elemarányokból nyert genetikai mutatók meghatározása mellett fontos szerep jutott a ritkaföldfémek kutatásának, valamint a Sr izotóparányok meghatározásának.

A magmás kőzetalkotó ásványokban, közegeztens ásványpárokban az elektron-mikroszkóp segítségével meghatározott nyomelem-társulás egybevetve az előbb említett ritkaföldfém-eloszlással, illetve fázisok közötti megoszlással és a stabilis izotóparányokkal, a magma genetikájára vonatkozóan szolgáltat számítások alapjául is használható adatokat.

Az eredmények között kell említenünk az egész Kárpát-medence neogén magmatizmusának kőzetkémiai fejlődéséről szóló munkát is.

Fontos szerepe van a geokémiai vizsgálatoknak a kőzetmetamorfózis jelenségének kutatásában és értelmezésében is. A geokémiai

vizsgálat elengedhetetlen a metamorf kőzetek pontos jellemzésénél, mely egyrészt jelenti a kőzet teljes kémiai elemzését, valamint a metamorf folyamatok alatt bekövetkezett változást tükröző, és a metamorfózis előtti állapotra vonatkozóan információt szolgáltató nyomelemek meghatározását. Különös jelentősége van az ún. „immobilis” nyomelemeknek, amelyek mennyisége és aránya nem változik a metamorfózis során. Mint az már többször említést nyert, itt is különös jelentősége van a ritkaföldfémekkel kapcsolatos vizsgálatoknak, melyek lehetővé teszik a magmás eredetű metamorfitok pontos származásának megállapítását. Az izotóp geokémia segítségével határozható meg a fő metamorf esemény ideje, valamint a földtörténeti besorolás. Szerepe van a geokémiai vizsgálatoknak a metamorfózis fizikai kémiai körülményeinek rekonstrukciójában is.

A metamorfitokkal kapcsolatos hazai kutatások mind elméleti, mind gyakorlati szempontból jelentős új eredményeket hoztak a Soproni-hegység, a Dél-Dunántúl és az Alföld kristályos aljzatának kutatásában, alkalmazva a geokémia kínálta lehetőségeket is. Ezek a kutatások szolgálták a hazai szénhidrogén-kutatás célkitűzéseit is, egyben jelentős hozzájárulást adtak kiemelt nemzetközi kutatási programok megvalósításához is, mely szélesebb nemzetközi összefogással jelenleg is folyamatban van.

GEOKÉMIAI VIZSGÁLATOK AZ ÉRCBÁNYÁSZATBAN

A 60-as évektől több kutatóhely és iparág együttműködésével intenzív geokémiai prospekciós tevékenység indult meg. Több ezer minta vizsgálatával felszíni pedogeokémiai és litogeokémiai méréseket végeztek a Mátra hegység központi teléreinek kutatásánál. A geokémiai kutatás és a párhuzamosan alkalmazott geofizikai mérések több, kisebb felszínközeli telér felismerését eredményezték. Ugyancsak felszíni litogeokémiai vizsgálatokat végeztek eredménnyel a 70-es években a Recsk környéki területeken elsődleges diszperziós udvarok felismerésére. Hasonlóan sikerült kimutatni kalkofil elemek elsődleges dúsulását a Velencei-hegység andezites területén.

A felszíni geokémiai kutatások mellett folyamatban voltak az elmúlt időszakban a bányabeli geokémiai kutatások is. Elkészült a legfontosabb ércbányászati nyersanyagokon végzett nyomelemvizsgálatok értékelése is.

Eltekintve a különböző területeken végzett geokémiai kutatások eredményeinek említésétől, még csupán a recski mélyszinti rézércesedéssel kapcsolatos geokémiai kutatások kívánnak kiemelészt volumenüknél és jelentőségük-nél fogva.

Recskben valamennyi közettípus, érc típus, illetve érces szakasz részletes geokémiai vizsgá-

latára sor került, beleértve a teljes szilikát-elemzést, valamint 32 elemre a nyomelem-meghatározást. E munka eredményeinek értékét növeli a csaknem tízezer vizsgálat adatainak számítógépen történő rögzítése. Ugyancsak lényeges eredmény, az ércesedés környezetében függőleges és vízszintes irányban szakaszosan vett minták vizsgálata révén, az indikátorelemek koncentrációváltozásának megállapítása, amely vizsgálatok adatai az ércesedés nyomon követésénél, előrejelzésénél tesznek nagy szolgálatot, akár pozitív, akár negatív értelemben. Míg ezek a vizsgálatok az ércesedés feltalálását, nyomon követését és körülhatárolását jelentik, addig az ásványelőkészítés, a feldolgozás célkitűzéseit segíti messzemenően a finoman hintett ércből flotálással kinyert ércásvány-preparátumok és az érckoncentrátumok nyomelemtartalmának részletes vizsgálata, melynek során a fő alkotóelemek mellett további 13 elem értékelhető mértékű dúsulását mutatták ki.

A geokémiai módszerek alkalmazása a recski mélyszerinti rézércesedés megismerésének igen lényeges eleme volt, s közvetlenül szolgált a gyakorlati célkitűzéseket. Az előretekintő koncepción nyugvó mintavételezés, a jól megszervezett együttműködés, s a munkában részt vevő kutatóhelyeken korszerű vizsgálati módszerek alkalmazása révén e területen a geokémiai módszerek alkalmazásában nem maradtunk le a nemzetközi színvonaltól.

Az elért eredmények arra engednek következtetni, hogy más területeken is kívánatos és lehetséges a geokémiai kutatási módszerek szélesebb körű alkalmazása, hogy a Recsen elért színvonal, beleértve a nyert adatok számítógépre történő feldolgozását is, egyre általánosabbá váljék.

GEOKÉMIAI KUTATÁSOK A VÍZFÖLDTAN TERÜLETÉN

Mielőtt még a geokémia fogalma megszületett volna, már az 1700-as évek második felében többször is összeírták és vizsgálták a magyarországi ásvány- és gyógyvizeket. A hidrogeokémia nálunk tehát igen hosszú múlt-ra és ennek megfelelően sok értékes eredmény-re tekinthet vissza. Az említett időszak óta különböző intézmények keretében, különböző célkitűzésekkel, rendszeresen végeztek nagyszámú vízelemzést. Ezen munkák összeg-zéseként ma országos áttekintéssel és pontos ismeretekkel rendelkezünk a felszíni vizek kemizmusáról, a kémiai viszonyok időbeli változásáról, főleg a vizek szennyeződéséről. Meglehetősen részletes ismereteink vannak a talajvíz kémiai sajátosságairól a különböző kő-zettani jellegű víztartókban. Valamivel keve-sebb adatunk van az ártézi vizek kémiájáról, a megújuló és a fosszilis vizek elhatárolásáról.

A hidrogeokémia jövőjét és hasznát mérle-gelve, fontos kérdésnek tűnik a talaj és a talajvíz közötti ioncsere-folyamatok vizsgálá-ta, melynek mezőgazdasági jelentősége nem hagyható figyelmen kívül, főleg a savanyú, mészszegény talajok termőképességének nö-velésénél. Hasonlóan folyamatos vizsgálatokat kíván a víz régióként és talajonként változó oldó, sószállító és -lerakó hatásának a tanul-

mányozása, nemkülönben sürgető a talajvizek időnkénti rendszeres újravizsgálása a műtrágyázás és a növényvédőszeres hatásának kutatására. Nem hagyható említés nélkül a vízkémia egyik legnagyobb feladata: a szennyvizek vizsgálata és tisztításuk megoldása a környezetvédelem érdekében.

IZOTÓP GEOKÉMIAI KUTATÁSOK

Hazánkban az izotóp geokémia, a stabilis izotóparányok mérése a 60-as évek második felében indult meg, s azóta a földtani kutatás számára eredményt hozott, amint erről már röviden említés történt részben a bauxitkutatással kapcsolatban, részben a petrológiai kutatások kapcsán.

Az eredmények közül megemlítendőek a recski izotópvizsgálatok, melyek során több száz mészkőminta szén- és oxigén izotópösszetételét határozták meg, nyomozva az üledékes mészkőanyag izotópösszetételének magmás hatásra bekövetkező megváltozását, elkülönítve a hidrotermális karbonátokat az eredeti üledékektől. A telérképződési folyamatoknál szén- és oxigén-izotópos vizsgálatokkal részletes képet lehetett alkotni a telérképződés mechanizmusáról.

Kiemelkedők a nógrádi szénmedencében megkezdett, majd a széndioxid-előfordulásokban gazdag Kárpát-medencére kiterjesztett szénizotópos vizsgálatok, melyek során kimutatták, hogy a Kárpát-medence teljes széndioxid-készlete genetikailag feltűnően homogén, eredete azonos, és a korábbi véleményekkel szemben az izotóparányok a szén köpeny-eredetét valószínűsítik. Ennek a kutatásnak a folytatása – különös tekintettel a Nemzetközi

Litoszféra Programba történő ilyen irányú bekapcsolódás lehetőségére is – célszerű volna.

Hazai viszonylatban új vizsgálati irány a hidrotermás ásványok fluid-zárványainak vizsgálata C, O, H izotóparányok meghatározásával, valamint a bauxitok deutériumtartalmának meghatározása.

Jelentős eredmények születtek a radioaktív kormeghatározás területén is, s kiemelkedő nemzetközi sikere van a K/Ar módszerrel elért – főként a harmadidőszaki magmatitok korára vonatkozó – eredményeknek, amelyek a neogén sztratigráfiai korbeosztásának is alapját képezik.

Speciális terület az izotóp-hidrogeokémia, melynek fő feladata a felszín alatti vízkészletek eredetének, korának, utánpótlásának vizsgálata, nemkülönben a talajvízmozgás és -beszívargás tanulmányozása szén-, oxigén-, deutérium-, ill. tríciumizotópok mérésével. Hasonlóan értékes hozzájárulást jelentenek az izotóp geokémiai kutatások a szénhidrogén-kutatósokhoz is.

SZERVES GEOKÉMIAI KUTATÁSOK

Nem volna teljes az áttekintés, ha legalább röviden nem tennénk említést a szénhidrogén-kutatással kapcsolatos szerves geokémiai kutatások irányáról is.

E kutatások egyik vonala az üledék oldhatatlan szervesanyag-tartalmának, a kerogénnek a vizsgálatát jelenti, amely vizsgálatok célja a kerogén típusának, érettségi fokának, evolúciós állapotának meghatározása, a szénhidrogén-potenciál megállapítása sokoldalú műszeres vizsgálatok segítségével. Ezekhez csatlakoznak az oldható szerves anyag sajátságainak megállapítására irányuló minőségi és mennyiségi vizsgálatok. Mindezekből a vizsgálatokból származó eredmények a szénhidrogén-prognózis kidolgozásához adnak jelentős hozzájárulást.

A másik vonal a hazai olajpalák részletes szerves geokémiai kutatását jelenti, az ennél lényegesen nagyobb volumenű, az olajpalák több oldalú gazdasági hasznosítási lehetőségét megcélzó kutatások mellett. Az olajpalák szerves geokémiai vizsgálata adott módot modell-kísérletek végzésére, mivel a jelentős szervesanyag-tartalmú olajpalákból lehetséges volt megfelelő mennyiségű kerogént izolálni, s azzal szimulálni a kerogén hőtörténetét, evo-

lúcióját különböző hőmérséklet- és nyomásvi-
szonyok között.

A szénhidrogén-kutatásban az együttműkö-
dő kutatóhelyek tevékenységének jó koordi-
nációjával, figyelembe véve az országban adott
szellemi és műszerkapacitást, a szerves geoké-
mia jelentős hozzájárulást képes adni a szén-
hidrogén-kutatás eredményességéhez.

S ha már a szerves geokémiáról esett szó —
bármily röviden is — célszerű volna gondolni a
szén-geokémiai kutatások újraélesztésére is,
amely irányzat már hosszú évtizedek óta
kiesett a geokémiai kutatások spektrumából.

*

Az előbbieken megkíséreltem áttekintést
adni a geokémia szerepéről a földtani tudomá-
nyos megismerésben, valamint szerepéről és
lehetőségeiről a közvetlen, népgazdasági jelen-
tőségű feladatok megvalósításában. Úgy ér-
zem, hogy ez a kép is alátámasztotta azt, hogy
a geokémia valóban interdiszciplináris, s nem-
csak a földtan különböző ágazatait köti össze,
de szoros kapcsolatban van más rokon tudo-
mányágazatokkal is, s hogy szerepe és lehető-
ségei nem lebecsülendők sem az alapkutató-
sokban, sem pedig a gyakorlati feladatok
megoldásában.

Nem említettem sem kutatókat, sem kuta-
tóhelyeket, a hazai helyzetről szerettem volna
áttekintést adni, amely helyzetkép megnyug-

tató egyrészt az eredményeket s a hazai felkészültséget tekintve, másrészt alátámasztja, indokolja ezeknek a kutatási irányzatoknak erőnkhez, lehetőségeinkhez mért reális anyagi támogatását is mindazokon a területeken, amelyeken esetleg a hiányos műszerezettség gátolja a meglevő szellemi erők kedvező hasznosítását.

Végezetül szeretném őszinte köszönetem kifejezni barátaimnak, akik kérésemre információkkal a maguk területéről segítségemre voltak, hogy kellő áttekintést tudjak felvázolni, s e helyütt is őszinte köszönetet mondok tanszéki munkatársaimnak azért a sok segítségért, amelyet tőlük hosszú évek során kaptam.

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó és Nyomda főigazgatója

Felelős szerkesztő: Klaniczay Júlia

A tipográfia és a kötésterv Löblin Judit munkája

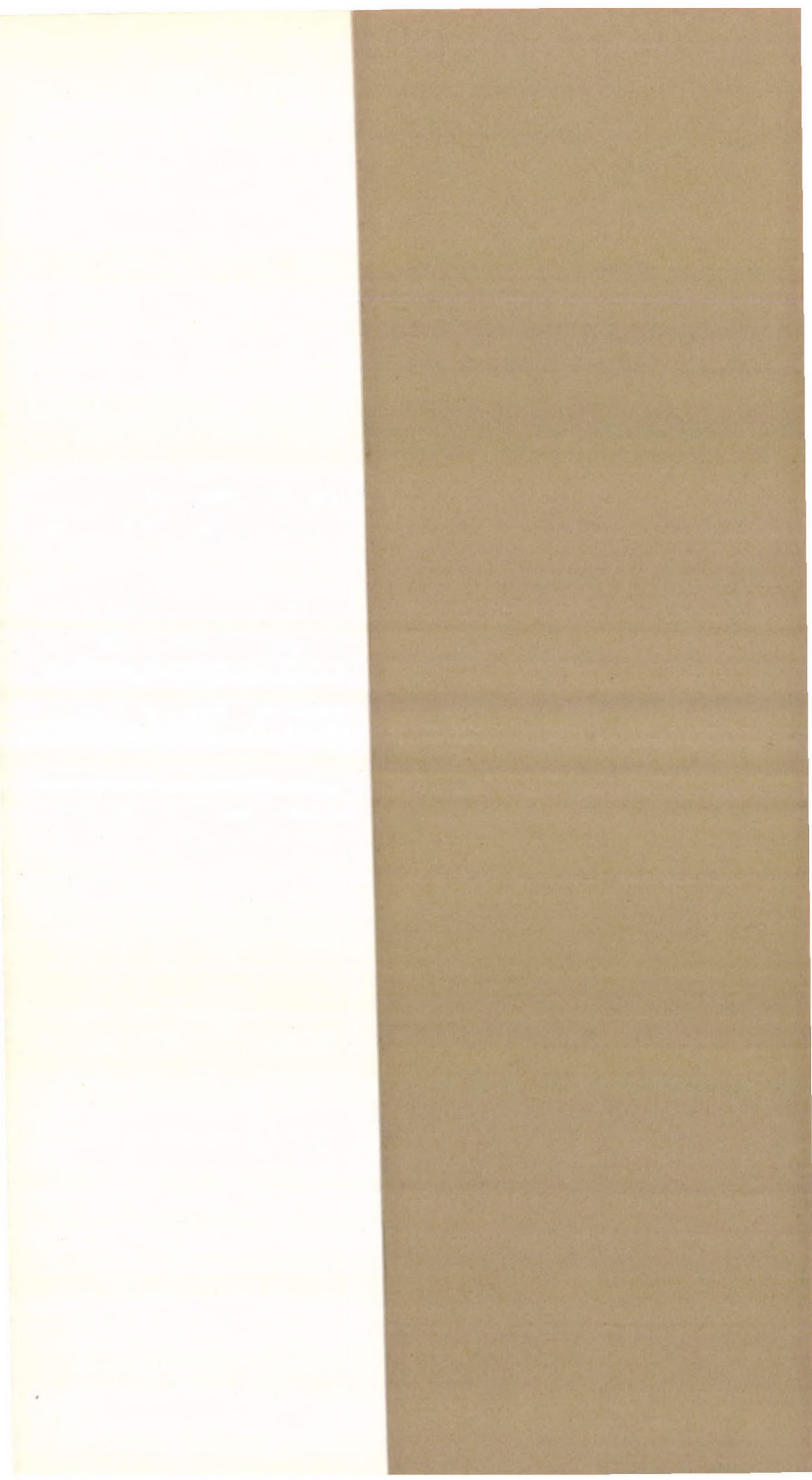
Műszaki szerkesztő: Érdi Júlia

Terjedelem: 1,98 (A/5 ív

AK 1622 k 8486

12.866 Akadémiai Kiadó és Nyomda

Felelős vezető: Hazai György



Ára: 16, - Ft